

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

არჩილ ბანცაძე

მცენარეული ნედლეულის საექსტრაქციო პერიოდული ქმედების
აპარატის დამუშავება

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2013 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში, სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტსა და აკაკი წერეთლის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიის დეპარტამენტში

ხელმძღვანელი: **ზურაბ ჯაფარიძე**, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი,
სრული პროფესორი

რეცენზენტები: **რევაზ მელქაძე**, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი
გივი გუგულაშვილი, ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი,
ასოცირებული პროფესორი

დაცვა შედგება ----- წლის "-----" -----, ----- საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და
მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის
სხდომაზე, კორპუსი -----, აუდიტორია -----
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი: ასოც. პროფესორი, **დავით ბუცხრიკიძე**

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალობა

უკანასკნელ წლებში მკვეთრად გაიზარდა ინტერესი პროდუქტებისა და პრეპარატების მიმართ, რომლებიც მიმართულია მოსახლეობის ჯანმრთელობის ეფექტური პროფილაქტიკისათვის.

პირველ ადგილზე წამოწეულია ბალანსირებული კვების პრობლემა. ცხოველური ცილების დეფიციტი, ვიტამინების და სიცოხცლისათვის აუცილებელი მინერალური ნივთიერებებისა და მიკროელემენტების უკმარისობა. ამ უკანასკნელის დეფიციტი ნეგატიურ გავლენას ახდენს ადამიანის ჯანმრთელობაზე, რომელსაც მიყავს ორგანიზმი გარემო პირობებისადმი ბრძოლის უუნარობისაკენ, დაცვითი სისტემის მოშლისა და იმუნოდეფიციტის განვითარებისკენ.

ამ პრობლემის გადაჭრის ერთ–ერთ გზას წარმოადგენს კვების მრეწველობაში ახალი ტექნოლოგიების ფართო გამოყენება, რათა შეიქმნას კომბინირებული ინოვაციური ცხოველური და მცენარეული კვების პროდუქტები, რომლებიც გამდიდრებული იქნება ვიტამინებითა და სხვადასხვა ბიოლოგიურად აქტიური დანამატებით.

ამ ტექნოლოგიური მიმართულების მეცნიერული ბაზა საქართველოში საკმაოდ მაღალ დონეზეა, თუმცა მისი ტექნიკური გადაწყვეტა უკიდურესად გაძნელებულია. ამასთან დაკავშირებით დგება კომბინირებულ საკვებ პროდუქტებში შემავალი კომპონენტების წარმოების პროცესების ტექნიკური ასპექტების მეცნიერულ–ექსპერიმენტული გამოკვლევების აუცილებლობა, რათა უფრო ეფექტური გავხადოთ მათი მცენარეული ნედლეულიდან ექსტრაქცირება.

დღეისათვის წარმოებაში გამოყენებული ექსტრაქტორები დამუშავებულია პრაქტიკული რეკომენდაციების ბაზაზე, პროცესის თეორიული საფუძვლების გათვალისწინების გარეშე. ამიტომ აქტუალურია ექსტრაქცირების პროცესის ამოცანის შესწავლა, რის საფუძველზეც შეიძლება

დავამუშაოთ საექსტრაქციო აპარატი, როგორც ჰიდროდინამიკური პროცესის ასევე გადასამუშავებელი ნედლეულის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გათვალისწინებით.

არანაკლებ აქტუალურია ექსტრაქციის პროცესის ინტენსიფიკაცია დასამუშავებელ ნედლეულზე სხვადასხვა ფიზიკური ზემოქმედების დახმარებით, მაგალითად: ვიბრაციული, პულსაციური, ულტრაბგერითი, ნივთიერებათა მოძრაობის მიმართულების ორგანიზებით. ვიბრაციული და პულსაციური ექსტრაქტორების გამოყენება გარე ენერჯის მიწოდებით გვადლევს პროცესის მნიშვნელოვან ინტენსიფიკაციას, რომელიც დადგენილია მრავალი მეცნიერული შრომებით. ამიტომ ახალი იაფფასიანი და მაღალეფექტური ვიბრაციული და პულსაციური ექსტრაქტორების კონსტრუქციის დამუშავება რჩება აქტუალურად.

კვლევის მიზანი და ამოცანები

სადისერტაციო ნაშრომის მიზანია ახალი პერიოდული ქმედების მაღალეფექტური საექსტრაქციო აპარატის კონსტრუქციის გაანგარიშება და დამუშავება, რომელშიც ექსტრაქციის პროცესის ინტენსიფიკაცია წარმოებს საექსტრაქციო მასის დაბალი სიხშირის ვიბრაციული რხევებით ან ექსტრაგენტის პულსაციით.

აღნიშნული მიზნის რეალიზაციისათვის ძირითად ამოცანებად დავისახეთ შემდეგი მეცნიერული საკითხების გადაწყვეტა:

- პერიოდული ქმედების საექსტრაქციო დანადგარების ანალიზური მიმოხილვა და მათში პულსაციით ან ვიბრაციით ექსტრაქციის პროცესის ინტენსიფიკაციის შესაძლებლობის დადგენა;
- პერიოდული ქმედების საექსტრაქციო აპარატის კონსტრუქციული პარამეტრების გაანგარიშება;
- ვიბრაციისა და პულსაციის ოპტიმალური რეჟიმების დადგენა;
- პერიოდული ქმედების ვიბრაციისა და პულსაციის რეჟიმებზე მომუშავე საექსტრაქციო აპარატის კონსტრუქციის დამუშავება და საექსპლუატაციო პარამეტრების დადგენა;

- საცდელ-საწარმოო საექსტრაქციო აპარატის დამუშავება და პრაქტიკული რეალიზაცია.

ნაშრომის მეცნიერული სიახლე

ნაჩვენებია, რომ აქტიური ჰიდროდინამიკური მოქმედების აპარატებში მცენარეულ ფოროვან ნაწილაკებზე ექსტრაქციის პროცესი მიმდინარეობს სამ ეტაპად. პირველ ეტაპზე კაპილარული ძალების მოქმედებით ექსტრაგენტი აღწევს მსხვილ ფორებში და ხსნის ამ ფორებში არსებულ გამოსაწვლილ კომპონენტს. მეორე – კონვექტიური სტადია – მიზნობრივი კომპონენტის დიფუზიის სიჩქარე სატრანსპორტო ფორებში და ფორებიდან ხსნარის მოცილება შეჯერებულია. მესამე – დიფუზიური სტადია პროცესის სიჩქარე შეზღუდულია მოლეკულური დიფუზიის სიჩქარით, მიზნობრივი კომპონენტის ფოროვანი ნაწილის სიღრმიდან მის ზედაპირზე და სატრანსპორტო ფორებით.

შემუშავებულია მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქციის პროცესის მესამე სტადიის – დიფუზიის მათემატიკური მოდელი. ნაჩვენებია, რომ კაპილარებში სითხის მოძრაობა პრაქტიკულად არ არსებობს და ნივთიერების გადატანა წარმოებს მოლეკულურ დიფუზიური მექანიზმით. მაგრამ გარე წნევის პულსაციის განსაზღვრული ამპლიტუდისას ან საექსტრაქციო მასის ვიბრაციისას გარკვეული სიხშირითა და ამპლიტუდით მსხვილ ფორებში შეიძლება წარმოიშვას სითხის რხევითი მოძრაობა, რაც იწვევს ექსტრაქციის ინტენსიფიკაციას;

გამოკვლეულია პერიოდული ქმედების საექსტრაქციო აპარატი, რომელშიც ექსტრაქციის პროცესის ინტენსიფიკაციისათვის გამოყენებულია ექსტრაგენტის პულსაციისა და საექსტრაქციო მასის ვიბრაციის მეთოდები. გაანგარიშებულია აპარატის კონსტრუქციული პარამეტრები და პროცესის ინტენსიფიკაციის ოპტიმალური რეჟიმები.

პრაქტიკული ღირებულება

ჩატარებული კვლევებისა და არსებული პერიოდული ქმედების საექსტრაქციო დანადგარების ანალიზის საფუძველზე ჩვენს მიერ

დამუშავდა ინოვაციური პერიოდული ქმედების საწარმო-
ექსპერიმენტული ექსტრაქტორი, რომლის კონსტრუქციაც საშუალებას
იძლევა ექსტრაქციის პროცესის ინტენსიფიკაციის მიზნით ვამუშაოთ
როგორც გამხსნელის პულსაციის, ასევე საექსტრაქციო მასის ვიბრაციის
პრინციპზე.

აპარატის ექსპერიმენტული გამოკვლევებით სხვადასხვა
მცენარეული ნედლეულისათვის დადგენილია, რომ ექსტრაქციის
პროცესის ინტენსიფიკაციისთვის მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ
საექსტრაქციო მასის დაბალი სიხშირის რხევები. სხვადასხვა მცენარეული
ნედლეულისათვის რხევების სიხშირის ნულოვან (ძირითად) დონედ
მიზანშეწონილია მივიღოთ (3–4) წ⁻¹, ხოლო ვარირების ინტერვალად – 1 წ⁻¹,
როცა რხევების ამპლიტუდა 1–3 მმ-ის ფარგლებშია.

დამუშავებული საექსტრაქციო დანადგარის მუშაობის
ეფექტურობის დასადგენად ექსტრაპირებას დაექვემდებარა ჩაის
ბუნებრივად გამშრალი მწვანე ფოთლის ორგანული გამხსნელით
(ტრიქლორეთილენი) ექსტრაპირების შემდეგ დარჩენილი ე.წ. "ჩაის
შროტი", რომელიც სამრეწველოდ მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეიცავს
კატექინების კომპლექსს. ნაჩვენებია, რომ ექსტრაგენტის პულსაციის ან
საექსტრაქციო მასის დაბალ სიხშირეზე ვიბრაციის გამოყენებით, სხვა
თანაბარ პირობებში, ექსტრაქციის ხანგრძლივობა მნიშვნელოვნად, 4–5-ჯერ
მცირდება ექსტრაქციის ცირკულაციურ მეთოდთან შედარებით.

დასაცავად გამოტანილი დებულებები

ექსტრაგენტის პულსაციისა და საექსტრაქციო მასის ვიბრაციის
მეთოდით მომუშავე პერიოდული ქმედების საექსტრაქციო აპარატის
კონსტრუქციის დასაბუთება, მისი საცდელ-საწარმოო ნიმუში მცენარეული
ფხვიერი მასალებისათვის და პარამეტრების ოპტიმიზაცია.

ნაშრომის აპრობაცია

ნაშრომის ძირითადი შედეგები მოხსენებულია აკაკი წერეთლის
სახელმწიფო უნივერსიტეტის სამეცნიერო ცენტრისა და საქართველოს

ტექნიკური უნივერსიტეტის კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტის სხდომებზე (2012-2013 წ.წ). ნაშრომის შედეგები განხილული და გამოქვეყნებულია შემდეგი საერთაშორისო კონფერენციების მასალებში:

–IV Международная конференция. «Влияние технологических факторов на экстракцию липидного комплекса чайного листа», Воронеж, 2010, გვ. 414;

–საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია „სუბტროპიკული ზონის დარგების პრობლემები და მათი გადაჭრის გზები“, ქუთაისი, 2010, გვ. 245-247;

–Международная заочная научно-техническая конференция. Государственный университет им. А. Церетели, Кутаиси, Грузия, გვ. 90-92;

–საერთაშორისო დაუსწრებელი სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია „მცენარეული ექსტრაქტების ქიმია და ტექნოლოგია“, აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, 2011, გვ. 81-85.

პუბლიკაცია

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულია 4 სამეცნიერო სტატია და საერთაშორისო კონფერენციებზე მოხსენებების მასალები საქართველოს და საზღვარგარეთის რეიტინგულ პერიოდულ გამოცემებში.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა

სადისერტაციო ნაშრომი წარმოდგენილია კომპიუტერზე აკრებილ 107 გვერდზე და შედგება შესავლის, 2 თავის, ძირითადი დასკვნებისა და 97 დასახელების ლიტერატურული წყაროსაგან, შეიცავს 7 ცხრილსა და 23 გრაფიკულ მასალას.

ლიტერატურის მიმოხილვა

შესრულებულია მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქციისა და საექსტრაქციო ტექნიკის ზოგადი მიმოხილვა და განხილულია ექსტრაგენტების კლასიფიკაცია და მათი მახასიათებლები. დასახულია მეცნიერული კვლევის ძირითადი ამოცანები და მიმართულებები.

ფოროვანი ნაწილაკებიდან დიფუზიურ-კონვექტიურ რეჟიმში ექსტრაჰირებით (სწრაფი ამრევით, პულსაციური, ვიბრაციული, ულტრაბგერითი დამუშავებით, ელექტრონული მუხტით, ვაკუუმური დუღილით და სხვა) მსხვილ კაპილარებში ხდება ექსტრაგენტის ფილტრაცია, ნედლეულის გაწურვის გამო, ნაწილაკების ურთიერთშეჯახებით, სისტემაში წნევის პერიოდული ცვლილებით, ექსტრაგენტის ინტენსიური დუღილით და სხვა.

აქტიური ჰიდროდინამიკური მოქმედების აპარატებში ფოროვან ნაწილაკებზე ექსტრაჰირების პროცესი მიმდინარეობს სამ ეტაპად. პირველ ეტაპზე კაპილარული ძალების მოქმედებით ექსტრაგენტი აღწევს მსხვილ ფორებში და ხსნის ამ ფორებში არსებულ გამოსაწვლილ კომპონენტს. პროცესის სიჩქარე შეზრუდულია ფორებიდან ხსნარის ფილტრაციული გამოწურვით ექსტრაგენტში ნაწილაკების არსებობით. შემდგომში ამ სტადიას მოვიხსენიებთ როგორც ჰიდრავლიკური. მეორე კი არის დიფუზიურ კონვექტიური სტადია – მიზნობრივი კომპონენტის დიფუზიის სიჩქარე სატრანსპორტო ფორებში და ფორებიდან ხსნარის მოცილება შეჯერებულია. ფორებიან სხეულში ასეთი პროცესის კანონზომიერების გამოსაკვლევად ბიდისპერსიული სტრუქტურისათვის აღწერილია ნაშრომებში.

მესამე – დიფუზიური სტადიის პროცესის სიჩქარე შეზრუდულია მოლეკულური დიფუზიის სიჩქარით, მიზნობრივი კომპონენტის ფოროვანი ნაწილის სიღრმიდან მის ზედაპირზე და სატრანსპორტო ფორებით.

შეგნიშნოთ, რომ ექსტრაჰირების პროცესის დასაკვირვებელი კინეტიკური კანონზომიერებები, განსაკუთრებით დიფუზიური რეჟიმის მიმდინარეობისას, ფორმალურად გავს კინეტიკური კანონზომიერების პროცესს, რომელიც მიმდინარეობს აპარატში ფოროვან ნაწილაკებზე ინტენსიური ჰიდროდინამიკური ზემოქმედებით. ერთი და იგივე გამოსავლიანობის დროის მისაღწევად დიფუზიური რეჟიმით

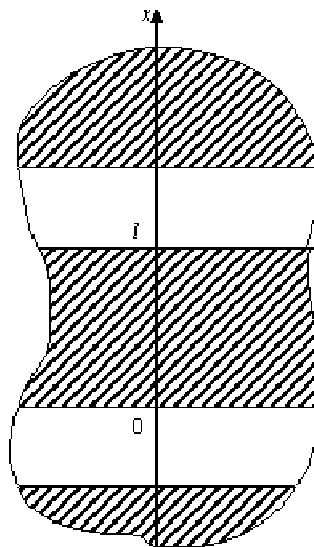
ექსტრაპოლაციისას ექსტრაქტის გამოსავალი უფრო მეტია ვიდრე ფოროვან ნაწილაკებზე კონვექციური მასათაგადაცემით.

პრაქტიკული მიზნებისათვის განსაკუთრებით საჭიროა ჰიდრაულიკური და დიფუზიური სტადიის მოდელების შესწავლა.

დიფუზიური სტადიის მათემატიკური მოდელი

დიფუზიურ-კონვექტიური სტადიის დამთავრების შემდეგ დავუშვათ, რომ მიზნობრივი კომპონენტის შემადგენლობა მატრანსპორტირებელ ფორებში ნულთან ახლოსაა. მესამე საფეხურზე მიმდინარეობს დიფუზიური პროცესი, რომელიც უკავშირდება ფორებში ექსტრაგენტის ფილტრაციულ მოძრაობას. ასეთი პროცესის მოდელი დიფუზიის ამოცანის ამოხსნისას ბუნებრივია ავიღოთ უსასრულოდ დანაწევრებული მრგვალი, ცილინდრული სხეულის მაგალითზე. ამ ამოცანის ამოხსნა სფერული სხეულისათვის საკმაოდ დიდი მოცულობისაა .

ამიტომ შევცვალოთ რეალური არე მოდელით, რომელიც შედგება მყარი სხეულის თანმიმდევრული ბრტყელი ფენებით და ბრტყელი ფორებით ნახ. 1.



ნახ. 1 მყარ სხეულის და ბრტყელ ფორებში ფენების განაწილების მოდელი

სადაც l -საშუალო დაცილებაა ბრტყელ ფორებს შორის.

დიფუზიური ამოცანის ამოხსნა ბრტყელი ფენისათვის (ცილინდრულისაგან განსხვავებით) შედარებით მარტივია.

დავუშვათ $t=0$ მომენტისათვის გამოსაწვლილი ნივთიერების კონცენტრაცია ფენაში არ არის დამოკიდებული x ღერძის კოორდინატზე და იგი ტოლია C_0 , ხოლო საზღვრებზე კონცენტრაცია ($x=0, x=l$) ტოლია 0-ის. მაშინ ლოკალური დიფუზიური ნაკადი საზღვარზე როცა $x=0$ გამოსახება გამოსახულებით

$$-D \frac{\partial c}{\partial x} \Big|_{x=0} = \frac{4D}{l} C_0 \sum_{n=0}^{\infty} \exp \left[\frac{-4\pi^2 D}{l^2} (n+0,5)^2 t \right] \quad (1)$$

სადაც D – დიფუზიის კოეფიციენტია.

ხარისხობრივი შეფასება გვიჩვენებს, რომ გამოსაწვლილი ნივთიერებების ძირითადი რაოდენობა ტოვებს ფენას t -ს საკმაოდ დიდი მნიშვნელობისთვის. ამიტომ (1) გამოსახულებაში შეიძლება შევინახოთ მხოლოდ პირველი შესაკრები ($n=0$). მივიღებთ მიახლოებით გამოსახულებას.

$$-D \frac{\partial c}{\partial x} \Big|_{x=0} = \frac{4D}{l} C_0 \exp \left[\frac{-\pi^2 D}{l^2} t \right] \quad (2)$$

რომ მოვძებნოთ მთლიანი ნაკადი, საჭიროა ლოკალური დიფუზიური ნაკადის მნიშვნელობა (2) გავამრავლოთ ფორის ზედაპირის S ფართობზე, ხოლო მთლიანი ნივთიერების რაოდენობის მოსაძებნად, რომელიც გამოიყოფა დიფუზიურ ფორულ სივრცეში $Q(t)$, გავაინტეგრიროთ (2) გამოსახულება $[0, t]$:

$$Q = S \frac{4lC_0}{\pi^2} \left[1 - \exp \left(-\frac{\pi^2 D}{l^2} t \right) \right] \quad (3)$$

(3) ფორმულა გვაძლევს ნაკადის მაღალ მნიშვნელობას, ასე რომ ფოროვანი სიტემა შეიცვალა ფენით, ამიტომ უნდა გავამრავლოთ (3)

გამოსახულება განუსაზღვრელ მამრავლზე $C < 1$, რომელიც ფორების ფენის “შეფასების” მახასიათებელია.

$$Q = S\chi \frac{4lC_0}{\pi^2} \left[1 - \exp\left(-\frac{\pi^2 D}{l^2} t\right) \right] \quad (4)$$

(4) გამოსახულებაში კვადრატული ფრჩხილების წინ მამრავლი ტოლია ნაწილაკში მიზნობრივი კომპონენტის შემადგენლობისა, დიფუზიური სტადიის დასაწყისში. (4) ფორმულაში კვადრატულ ფრჩხილებში არსებული გამოსახულება წარმოედგენს, გამოტანილი კომპონენტის რაოდენობის დამოკიდებულებას დროზე. შესაბამისად გამოუტანელი კომპონენტის წილი განისაზღვრება თანაფარდობით.

$$\frac{\bar{C}}{C} = \exp\left(-\frac{\pi^2 D}{l^2} t\right), \quad (5)$$

სადაც \bar{C} – მყარ ფოროვან სხეულში მიზნობრივი კომპონენტის საშუალო კონცენტრაციაა t დროის მომენტისათვის დიფუზიის საწყის სტადიაში.

ჰიდრავლიკურ სტადიაში წარმოდგენილი მოდელი გვიჩვენებს, რომ ყველა გამოწვლილული ნივთიერება იმყოფება გახსნილ მდგომარეობაში, ხოლო მისი შემცველობა ექსტრაგენტის გარე მოცულობაში შეიძლება მივიღოთ ნულის ტოლად. პრაქტიკულად, ფორებში მუდმივად მიედინება ნივთიერება ფოროვანი ნედლეულის უახლოესი ფენებიდან მოლეკულური დიფუზიის ხარჯზე, ხოლო მისი შემცველობა ექსტრაგენტის ძირითად მოცულობაში მუდმივად იზრდება. ამიტომ გამოწვლილვის გამოსავალი შეიძლება პროპორციული იყოს \sqrt{t} მხოლოდ პროცესის საწყის ეტაპზე, დიფუზიურ-კონვექტიური სტადიის დადგომამდე. მითუმეტეს მცენარეული ნედლეულის ექსტრაჰირებისას დროის ხანგრძლივობა \sqrt{t} -ს პროპორციულია.

სხვადასხვა ფორმის (სფერო, უსასრულო ფირფიტა და ცილინდრი) ფოროვანი სხეულიდან მიზნობრივი კომპონენტის ექსტრაჰირებისას,

გარკვეული დროის მომენტის დასაწყისიდან, გამოწვლილული კომპონენტის დამოკიდებულება დროზე განისაზღვრება ფორმულით

$$\frac{C_D}{C_{0D}} = B_1 \exp\left(-\mu_1^2 \frac{Dt_D}{R^2}\right), \quad (6)$$

სადაც C_D და C_{0D} – ნაწილაკში მიზნობრივი კომპონენტის საშუალო კონცენტრაციაა შესაბამისად დროის მიმდინარე და საწყისი მომენტისათვის; B_1 – კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია ნაწილაკის ფორმაზე, ბიო კრიტერიუმზე მახასიათებელი განტოლების ფესვის მნიშვნელობაზე; R – სფეროს ან ცილინდრის რადიუსია, ან კიდე ფირფიტის სისქის ნახევარი; t_D – პროცესის საერთო ხანგრძლივობა; μ_1 – მახასიათებელი განტოლების ფესვია.

(5) და (6) ფორმულები ფორმალურად მსგავსია, მაგრამ მასში შემავალი პარამეტრები დიფუზიის კოეფიციენტის D გარდა, არსებითად განსხვავდებიან. (5) გამოსახულებაში შედის დიფუზიური სტადიის ხანგრძლივობის t და ფორებს შორის მანძილი l , ხოლო (6) – ნაწილაკების რადიუსი R (ან ფირფიტის სისქის ნახევარი) და პროცესის ხანგრძლივობა t_D . რეალურად კაპილარულ-ფოროვანი ნაწილაკები წარმოადგენენ ნახევრად დისპერსიულ ფოროვან სტრუქტურას და კაპილარებს, რომლებიც ხასიათდებიან საკმაოდ დიდი დიაპაზონის განივი კვეთის ზომებით. უმარტივეს მოდელს წარმოადგენს ნაწილაკის ბიდისპერსიული სტრუქტურა, რომელსაც ორი განსხვავებული ზომის კაპილარები აქვს.

მათ განეკუთვნებიან მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ქსოვილები, კატალიზატორის ზოგიერთი სახეობები და აგრეთვე მადნეულის ნაწილაკები. როგორც წესი, კაპილარებში სითხის მოძრაობა პრაქტიკულად არ არსებობს და ნივთიერების გადატანა წარმოებს მოლეკულურ დიფუზიური მექანიზმით. მაგრამ გარე წნევის პულსაციის განსაზღვრული ამპლიტუდისას მსხვილ ფორებში შეიძლება წარმოიშვას სითხის რხევითი მოძრაობა, კაპილარებში გაზის შეკუმშვით .

ამ სახით მსხვილი ფორები ითამაშებს სატრანსპორტო არხების როლს, რომლებშიც ნივთიერების გადატანა კონვექტიურია, რის გამოც შესაძლებელია ნაწილაკებიდან ნივთიერების მთლიანად გამოწვლილვის პროცესის დაჩქარება.

პერიოდული ქმედების ინოვაციური ექსტრაქტორის დაპროექტება

ექსტრაქტორის კონსტრუქცია არსებითად დამოკიდებულია გადასამუშავებელი მყარი ფაზის თვისებებზე. გამოცდილებიდანაც ჩანს, რომ აპარატები რომლებიც მუშაობს ერთი სახის ნედლეულზე ისე ეფექტურად ვერ მუშაობს სხვა სახის ნედლეულზე.

ჩატარებული კვლევებისა და არსებული პერიოდული ქმედების საექსტრაქციო დანადგარების ანალიზის საფუძველზე ჩვენს მიერ დამუშავდა ინოვაციური პერიოდული ქმედების საწარმოო-ექსპერიმენტული ექსტრაქტორი, რომლის პრინციპული სქემა ნაჩვენებია ნახ. 2 -ე, ხოლო საერთო ხედი – ნახ. 3-ზე.

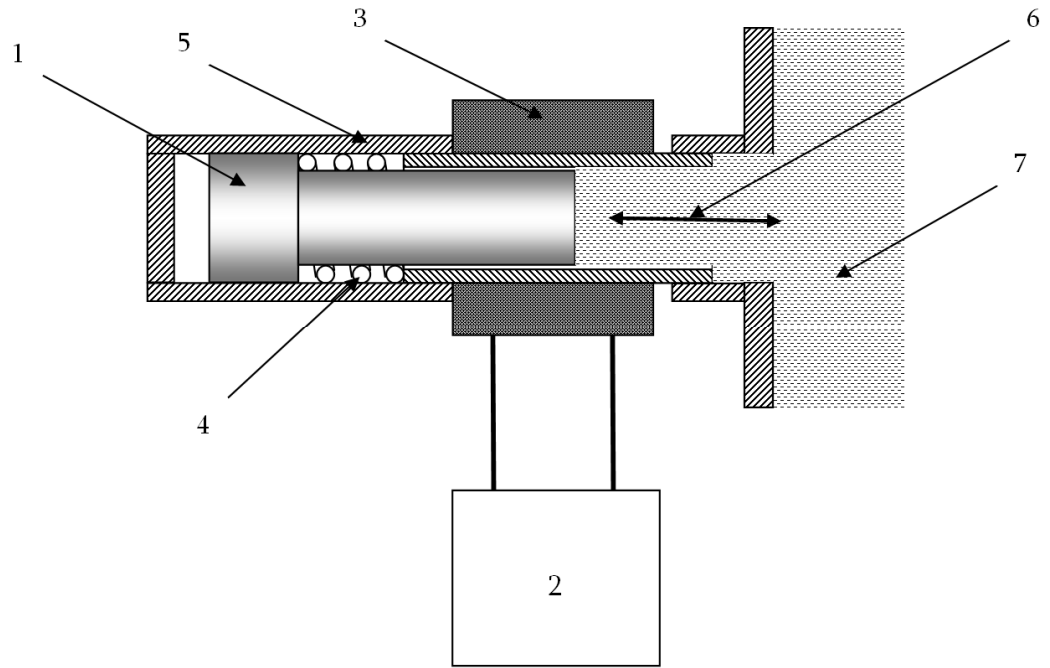
ჩვენს მიერ დამუშავებული ექსტრაქტორი ერთმანეთში ჩაწყობილი, რამოდენიმე გარსისაგან. შიგა გარსი წარმოადგენს ბადე ფილტრს მოქსოვილი უჟანგავი ლითონის წვრილი მავთულისაგან რომლის დანიშნულებაა არ გაატაროს ბადის გარეთ ნედლეულის დაქუცმაცებული ნაწილაკები და თავისუფლად შევიდეს მასში ექსტრაგენტი, რომელიც მოძრავად თავსდება ლითონის სალტეებიან გარსში. მასში თავსდება საექსტრაქციო ნედლეული. თვითონ ძირითადი დანადგარი შედგება ერთი მეორეში ჩადგმული ჰერმეტიკულად დაკავშირებული შიგა და გარე კორპუსისაგან. ზემოდან ეხურება ხუფი თავისი ექვსი მომჭერით. შიგა კორპუსი წარმოადგენს საექსტრაქციო კამერას, რომელშიც თავსდება საექსტრაქციო ნედლეულით შევსებული ბადე-ფილტრი და ემატება მას ექსტრაგენტი. გარე კამერა კი წარმოადგენს წყლის აბაზანას, რომელშიც მოთავსებულია ელექტრო გამხურებელი და თერმორეგულატორის გადამწოდი. ამ უკანასკნელის

მეშვეობით ხდება წყლის გათბობა სასურველ ტემპერატურამდე, რომელიც საჭიროა ექსტრაგენტის ასაორთქლებლად. გარე კამერას გააჩნია წყლის შემშვები და გამომშვები, კორპუსის გარეთ დამონტაჟებულია წყლის დონის მაჩვენებელი ვიზუალური კონტროლისათვის და მანომეტრი. შიგა კამერას ზედა ნაწილში გამოყვანილი აქვს ორი მილი ერთი მანომეტრისთვის მეორე კი ექსტრაგენტის ორთქლის გამოსასვლელი, რომელიც შეერთებულია თბომცვლლთან საიდანაც კონდენსირებული ექსტრაგენტი უბრუნდება საექსტრაქციო კამერას ქვედა ნაწილში. ექსტრაქციის პროცესის დასრულების შემდეგ აორთქლებილი ექსტრაგენტის კონდენსატი შეიძლება გადავადინოთ რეზერვუარში, შემდეგ გავალოთ საექსტრაქციო კამერის ქვედა ნაწილში არსებული გამომავალი ვენტილი ექსტრაქტის მისაღებად.



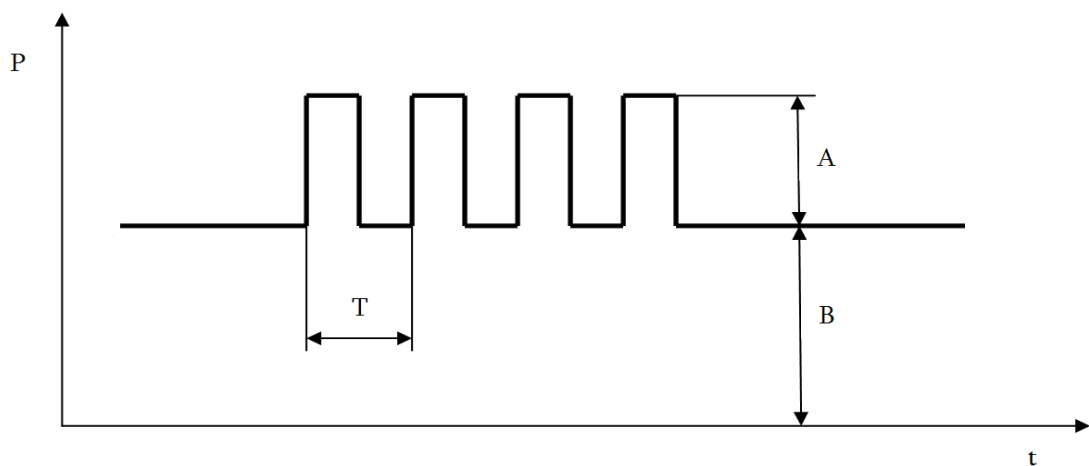
ნახ. 3. საცდელ-საწარმოო ექსტრაქტორის საერთო ხედი

ჩვენს მიერ დამუშავებულ დანადგარში გამოყენებულია ელექტრო-
მაგნიტური პულსატორი რომლის პრინციპული სქემა ნაჩვენებია ნახ. 13



ნახ. 13. ელექტრო-მექანიკური პულსატორის პრინციპული სქემა
 1-ელექტრომაგნიტის გულანა, 2-კვების წყარო, 3-ელექტრომაგნიტის ხვიები,
 4-ზამბარა, 5-პულსატორის კორპუსი, 6-პულსატორის მოძრაობის
 მიმართულება, 7 ექსტრაგენტი

პულსატორის კორპუსში 5 მოთავსებულია გულანა 1 და ზამბარა 4, კვების წყაროდან 2 ელექტრომაგნიტის ხვიებზე 3 მიეწოდება პულსირებული დენი, რომელსაც მოძრაობაში მოყავს გულანა გრძივი მიმართულებით 6. დენის იმპულსის მიწოდებისას გულანა გადაადგილდება მარჯვენა მიმართულებით (ნახ.), ხოლო დენის იმპულსის მოხსნის შედეგ ზამბარა აბრუნებს გულანას საწყის მდგომარეობაში. გულანა დამზადებული მაღალი მაგნიტური შეღწევადობის ლითონისაგან, კორპუსი კი დაბალი მაგნიტური შეღწევადობის მასალისაგან. გულანის მოძრაობით წარმოიშვება ექსტრაგენტში 7 წნევის ცვლილება, რომელიც ნაჩვენებია ნახ.14



ნახ. 14. პულსაციის წნევის ცვლილების გრაფიკი დროის მიხედვით

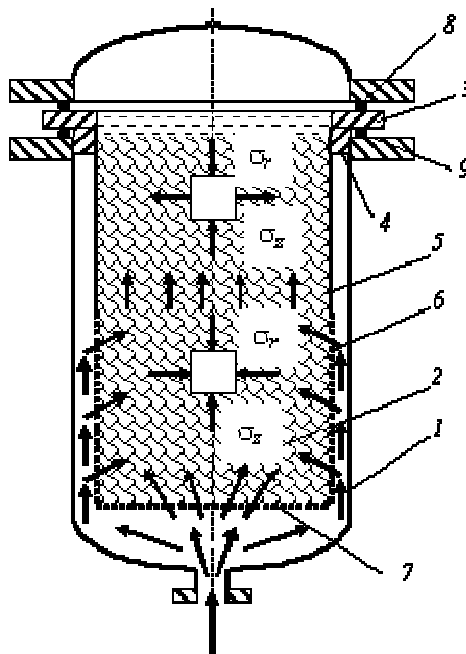
პულსაციის წნევის ცვლილება კვების წყაროს საშუალებით წარმოებს T პერიოდით 1-6 წმ⁻¹-სიხშირემდე, B-ექსტრაგენტის წნევაა პულსაციის გარეშე. კვების წყაროს საშუალებით შეგვიძლია ვარეგულიროთ აგრეთვე რხევის ამპლიტუდაც, სადაც A-პულსაციით მიღწეული წნევის ცვლილებაა. პულსატორის კონსტრუქცია ნაჩვენებია ნახ. 15.



ნახ. 15 პულსატორის კონსტრუქციის საერთო ხედი

ნახ. 4-ზე ნაჩვენებია პულსაციური აპარატის კონტეინერი.

პულსაციური აპარატის კონტეინერი 2 (პულსაციური აპარატის კორპუსთან 1 ერთად) შემადგენელი ნაწილებია: სარტყელი 3, მაცენტრირებელი შვერილი 4, რომელიც ჰერმეტიულად შეერთებული სარტყელთან 3, შეულწევადი 5 და შელწევადი 6 გვერდითი ნაწილები (მაგალითად კარკასზე შემორტყმული ბადით) აგრეთვე შელწევადი ძირი 7. კონტეინერის 2 კორპუსთან 1 ჰერმეტიულობისათვის გათვალისწინებულია ზედა 8 და ქვედა 9 საფენები.



ნახ. 4. პულსაციური აპარატის კონტეინერი:

1 – პულსაციური აპარატის კორპუსი; 2 – კონტეინერი; 3 – რგოლი; 4 – დასაცენტრებელი შვერილი; 5 – შეულწევადი გვერდითი კედელი; 6 – შელწევადი გვერდითი კედელი; 7 – შელწევადი ძირი; 8 – ზედა საფენი; 9 – ქვედა საფენი

კონტეინერიანი აპარატი მუშაობს შემდეგნაირად. პულსაციური აპარატის 1 ქვედა მილსაცმზე პერიოდულად მიეწოდება სითხე, რომელიც შედის აპარატი ქვედა ძირიდან 7 კონტეინერში 2. სითხის ნაკადი იყოფა ორ ნაწილად. ნახაზზე ნაჩვენებია კონტეინერში ნაწილაკების შეწონადობის

დინამიკური პროცესი, ელემენტარულ ზედაპირებზე მექანიკური ძაბვები კაილარულ ფოროვან ზედაპირზე. ნაკადის პირველი ნაწილი მიედინება კონტეინერის 2 ღეძის გასწვრივ, რომელმაც შეაღწია ძირში 7. სითხის მეორე ნაწილი კი მიედინება კონტეინერისა 2 და აპარატის კორპუსის შორის და შემდეგ კი რადიალური ნაწილიდან 6 შედის კონტეინერში 2. ამ ორი ნაკადის დინებით ნაწილაკები განიცდიან მთლიან ზედაპირულ შეკუმშვას, რომლებიც წარმოშობს მოცულობით ძაბვებს.

დანადგარის პრაქტიკული გამოყენების მაგალითები ვიბრაციცა და პულსაციის მეთოდებით ექსტრაქციისათვის

პერიოდული ქმედების ექსტრაქტორის გამოყენების დროს შეიძლება გარე წინააღმდეგობამ იქონიოს გავლენა ექსტრაქციის პროცესის სიჩქარეზე. გარე წინააღმდეგობის შემცირების უმარტივეს მაგალითს წარმოადგენს საექსტრაქციო მასის მორევა. მაგრამ მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქციის დროს ჩვენს მიერ შემუშავებული საექსტრაქციო დანადგარის პირობებში მორევა გართულებულია.

ამიტომ გარე წინააღმდეგობის შესამცირებლად გამოცდილი იქნა ორი მეთოდი ექსტრაგენტის პულსაციის და საექსტრაქციო მასის დაბალ სიხშირეებზე ვიბრაციის მეთოდები.

ნიმუშად აღებულ იქნა კატაბალახას ფესვები, ნედლეულის პულსაციური ექსტრაქციის დროს ნაკლებია ნაწილაკების დეფორმაცია, რადგან ისინი საკმაოდ მყარია.

ნედლეული მუშავდებოდა 70%-იანი ეთილის სპირტით სხვადასხვა პულსაციის ამპლიტუდით და სიხშირით. გარკვეული პერიოდის განმავლობაში ექსტრაგენტს უკეთდებოდა ანალიზი. ცდების შედეგები ნაჩვენებია ცხრ. 1-ში.

როგორც ცხრილიდან ჩანს წონასწორობა მყარდება 3 საათში (პულსაციის გარეშე წონასწორობა მყარდება არანაკლებ 6 საათში). მასათაგადაცემის კოეფიციენტი პულსაციის დროს 2-ჯერ მაღალია ვიდრე პულსაციის გარეშე დაყენების დროს. მნიშვნელოვანია ავღნიშნოთ რომ წონასწორობა მედმივი მორევის დროს მყარდება 3 საათში.

ცხრილი 1

ექსტრაქტის კონცენტრაცია სხვადასხვა ნედლეულის პულსაციით ექსტრაქირების დროს (რხევის სიხშირე 1,5 წმ-1; ამპლიტუდა 1 მმ)

დრო, სთ	1 კონტაქტი			2	3
	1,5წმ ⁻¹ , 1მმ	6,6წმ ⁻¹ , 1მმ	6,6წმ ⁻¹ , 4მმ	6,6წმ ⁻¹ , 4მმ	6,6წმ ⁻¹ , 1მმ
0,25	0,380	0,393	0,456	0,300	0,222
0,50	0,455	0,440	0,478	0,340	0,250
1,00	0,475	0,482	0,472	0,370	0,250
1,50	0,520	0,531	0,562	0,375	0,255
2,00	0,560	0,568	0,572	0,380	0,260
3,00	0,615	0,594	0,603		
4,00	0,590	0,589	0,598		
5,00	0,570	0,600	0,618		

მცირე პულსაციაც კი 3 დარტყმა 2 წამში 1 მმ ამპლიტუდით პრაქტიკულად ხსნის გარე წინააღობის პრობლემას და ორჯერ აჩქარებს პროცესს. ავღნიშნოთ, რომ პულსაციის გაძლიერება არ ცვლის ექსტრაქციის პროცესის დაჩქარებას. ჩვენს მიერ დამუშავებული პულსატორი არ საჭიროებს მემზრანას პულსაცია ხორციელდება პულსატორის ელექტრომაგნიტის გულანის საშუალებით.

ცდები ჩატარდა აგრეთვე ექსტრაგენტის ცირკულაციით, ჩვენს მიერ გამოცდილი იქნა ეს მეთოდი იგივე ნედლეულზე. ცდები ჩატარდა რამოდენიმე სიჩქარეზე.

ცხრილი 2

სხვადასხვა სიჩქარით ექსტრაგენტის ცირკულაციის გავლენა წონასწორული კონცენტრაციის დამყარების დროზე

დრო, სთ	V=0,28მმ/წმ	V=1,2მმ/წმ	V=0,28მმ/წმ	V=0,28მმ/წმ
0,25	0,430	0,427	0,258	0,228
0,50	0,467	0,484	0,302	0,250
1,00	0,513	0,542	0,378	0,252
1,50	0,568	0,578	-	-
2,00	0,601	0,593	0,370	0,263
3,00	0,605	0,516	0,374	
4,00	0,589			
5,00	0,600			

ცდებით დადგინდა, რომ სითხის დაბალი სიჩქარით მოძრაობის დროსაც კი პრაქტიკულად იხსნება გარე წინააღმდეგობა. აქაც წონასწორობა მყარდება 3 საათში, როგორც პულსაციის და ინტენსიური მორევის დროს. 4-ჯერ სიჩქარის გაზრდა არ იწვევს ცვლილებებს, საკმარისია სითხის დაბალი სიჩქარით მოძრაობა რათა მოიხსნას გარე წინააღმდეგობა.

როგორ უნდა განვსაზღვროთ ექსტრაქციის დრო ცირკულაციის გამოყენებით. როგორც ვიცით ცირკულაცია ამცირებს გარე წინააღმდეგობას და ექსტრაქციის სიჩქარე განისაზღვრება შიგა წინააღმდეგობით, ამ დროს მიღწეული წონასწორობა შეიძლება შეედაროს ექსტრაქციას ნედლეულის მორევით. მეთოდიკა შემდეგში მდგომარეობს: ჩავტვირთოთ ნედლეული, დავასხათ გამხსნელი ისეთი რაოდენობით, რომ შესაძლებელი იყოს მისი თავისუფლად მორევა. ექსტრაქციის დროს ავიღოთ სინჯები

ნივთიერებებისა, რომლებიც იქნება გამოღებული ნედლეულიდან. ამ მონაცემებით ავსოთ ექსტრაქციის იზოთერმა, რომლითაც განისაზღვრება ექსტრაქციის დრო, ან განვსაზღვროთ განტოლების მუდმივა

$$\lg \frac{x_H - x_p}{x - x_p} = K\tau + b$$

შემდეგ მიახლოების მეთოდებით წონასწორობის მიღწევისათვის დავადგენთ ექსტრაქციის დრო ყოველი კონკრეტული ნედლეულისათვის.

საექსტრაქციო დანადგარის საექსპლუატაციო-ლაბორატორიული გამოკვლევების შედეგები

დამუშავებული საექსტრაქციო დანადგარის მუშაობის ეფექტურობის დასადგენად ექსტრაჰირებას დაექვემდებარა ჩაის ბუნებრივად გამშრალი მწვანე ფოთლი. ორგანული გამხსნელით (ტრიქლორეთილენი) ექსტრაჰირების შემდეგ დარჩენილი ე.წ. "ჩაის შროტი", შეიცავს სამრეწველოდ მნიშვნელოვანი რაოდენობით კატეჩინების კომპლექსს.

ლაბორატორიულ პირობებში 4 %-მდე გამშრალ ჩაის შროტს ვუტარებდით ექვს საფეხურიან ექსტრაქციას წყლით, თითოეული საფეხურის ხანგრძლივობით 10 წთ.

ყოველ საფეხურზე დაცული იყო მასური თანაფარდობა – წყალი/შროტი 3:1. ექსტრაქციის ტემპერატურა შეადგენდა 70 ± 5 °C –ს. ექსტრაქციას ექვემდებარებოდა შროტი ჩაის საწყის ნედლეულში ნაზი ფრაქციის სხვადასხვა შემცველობით. თითოეული საფეხურის შემდეგ ვსაზღვრავდით ექსტრაქტული ნივთიერებების, ფენოლური ნაერთებისა და ჯამური კატეჩინების რაოდენობებს.

ცნობილია, რომ პერიოდული მეთოდით ექსტრაქციის დროს გარე წინაღობა ხშირად მნიშვნელოვნად მოქმედებს პროცესის სიჩქარეზე. გარე წინაღობის დაძლევის უმარტივეს გზას ექსტრაქციის პროცესში საექსტრაქციო მასის პერიოდული არევა წარმოადგენს. მაგრამ ეს ყოველთვის არ არის შესაძლებელი. მცენარეული ნედლეულის

საექსტრაქციო პერიოდული ქმედების ექსტრაქტორების უმეტესობა არ არის აღჭურვილი ამრევი მოწყობილობებით, ხშირ შემთხვევაში კი ექსტრაქციის პროცესში მასის არევა შეუძლებელიც კია.

ჩაის შროტის საექსტრაქციო დანადგარში შემრევი მოწყობილობა გათვალისწინებული არ არის, მაგრამ გათვალისწინებულია საექსტრაქციო მასის პულსაციის შესაძლებლობა.

გარე წინაღობის შემცირებისა და ექსტრაქციის პროცესის ინტენსიფიკაციის მიზნით შევისწავლეთ ექსტრაქციის პროცესში საექსტრაქციო მასის პულსაციის (რხევების) გამოყენების შესაძლებლობის საკითხი. ვიყენებდით რხევებს სიხშირით $1,5...6,0^{-1}$, როცა რხევის ამპლიტუდა იყო 1 მმ. უფრო დიდი ამპლიტუდის შემთხვევაში შედეგები შედარებით დაბალია და, ამავდროულად, ფერხდება საექსტრაქციო დანადგარის უსაფრთხო და გამართული მუშაობა.

ექსპერიმენტის შედეგები მოცემულია ცხრ. 3-ში. ამ დროს ექსტრაქციის პროცესზე მოქმედი სხვა, ადრე განხილული ფაქტორები დაფიქსირებული იყვნენ ნულოვან, ძირითად დონეებზე. ექსპერიმენტისათვის ვიღებდით 85% ნაზი ფრაქციის შემცველი საწყისი ნედლეულის შროტს.

როგორც ექსპერიმენტის შედეგები გვიჩვენებენ, საექსტრაქციო მასის (ექსტრაგენტი+ჩაის შროტი) რხევების სიხშირის გაზრდით, სხვა თანაბარ პირობებში, ჩაის შროტის ექსტრაქტული ნივთიერებები და ფენოლური ნაერთები იზრდებიან; რაც შეეხება ანტიოქსიდანტურ აქტიურობას – ისინი ჯერ იზრდებიან, აღწევენ მაქსიმალურ მნიშვნელობას $2...4$ წ-1 რხევების დიაპაზონში, შემდეგ კი მკვეთრად მცირდებიან. აღნიშნული მოვლენა, ჩვენი აზრით, გამოწვეულია იმით, რომ საწყის ეტაპზე პულსაციის გავლენით ხდება კატექინების ექსტრაქციის აქტივაცია, ხოლო რხევათა სიხშირის გაზრდით 4 წ-1-ზე მეტად მართალია ფენოლური ნაერთების საერთო რაოდენობა ექსტრაქტში იზრდება, მაგრამ ამ დროს წარმოებს მათი

ინტენსიური ჟანგვა, აქტიური კატექინებისა და სხვა ანტიოქსიდანტური ნაერთების რაოდენობის შემცირება.

ცხრილი 3.

ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამოსავლიანობის დამოკიდებულება საექსტრაქციო მასის პულსაციაზე (ამპლიტუდა 1 მმ)

რხევების სიხშირე m , წ-1	ექსტრაქტული ნივთიერებები \mathcal{A} , %	ფენოლური ნაერთები Φ , %	კატექინების ჯამი K , %
1,5	32,9	18,20	9,80
2,0	33,5	18,40	9,95
3,0	33,9	18,60	10,05
4,0	34,2	18,70	10,10
5,0	34,5	18,80	10,15
6,0	34,8	18,80	10,20

ექსპერიმენტის შედეგები უფლებას გვაძლევს გავაკეთოთ დასკვნა, რომ ზოგადად, საწარმოო ექსპერიმენტის დაგეგმვის დროს რხევების სიხშირის ნულოვან (ძირითად) დონედ მიზანშეწონილია მივიღოთ $m_0 = 3,0$ წ-1, ხოლო ვარირების ინტერვალად – 1 წ-1. ასეთ შემთხვევაში დაგეგმილი ექსპერიმენტი მოიცავს ჩვენთვის საინტერესო სიხშირეთა მთელ სპექტრს 1–დან 5 წ-1–მდე დიაპაზონში.

დასკვნები

1. ნაჩვენებია, რომ აქტიური ჰიდროდინამიკური მოქმედების აპარატებში მცენარეულ ფოროვან ნაწილაკებზე ექსტრაქციის პროცესი მიმდინარეობს სამ ეტაპად. პირველ ეტაპზე კაპილარული ძალების მოქმედებით ექსტრაგენტი აღწევს მსხვილ ფორებში და ხსნის ამ ფორებში

არსებულ გამოსაწვლილ კომპონენტს. მეორე – კონვექტიური სტადია – მიზნობრივი კომპონენტის დიფუზიის სიჩქარე სატრანსპორტო ფორებში და ფორებიდან ხსნარის მოცილება შეჯერებულია. მესამე – დიფუზიური სტადია პროცესის სიჩქარე შეზღუდულია მოლეკულური დიფუზიის სიჩქარით, მიზნობრივი კომპონენტის ფოროვანი ნაწილის სიღრმიდან მის ზედაპირზე და სატრანსპორტო ფორებით;

2. შემუშავებულია მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქციის პროცესის მესამე სტადიის – დიფუზიის მათემატიკური მოდელი. ნაჩვენებია, რომ კაპილარებში სითხის მოძრაობა პრაქტიკულად არ არსებობს და ნივთიერების გადატანა წარმოებს მოლეკულურ დიფუზიური მექანიზმით. მაგრამ გარე წნევის პულსაციის განსაზღვრული ამპლიტუდისას ან საექსტრაქციო მასის ვიბრაციისას გარკვეული სიხშირითა და ამპლიტუდით მსხვილ ფორებში შეიძლება წარმოიშვას სითხის რხევითი მოძრაობა, რაც იწვევს ექსტრაქციის ინტენსიფიკაციას;

3. წარმოდგენილი პულსაციური ექსტრაქციის აპარატი მუშაობს არარეზონანსულ რეჟიმში. ამ აპარატის დამუშავებისას დასმული იყო ორი ამოცანა, რომელიც უზრუნველყოფდა ექსტრაქციების მაღალ სიჩქარეს. პირველი – შიგა მასათაგადაცემის გაუმჯობესება – რეალიზებულია ნაწილაკის კაპილარებში სითხის პულსაციის ხარჯზე. მეორე – გარე მასათაგადაცემის ინტენსიფიკაცია – რომელიც მიიღწევა აპარატში ნაწილაკების ფენის პულსაციური გაფხვიერება. ნაწილაკების ფენის გაფხვიერების პრობლემა აქტუალურია დიდი მოცულობის აპარატებისათვის და აგრეთვე წვრილი გაჟიჟებისადმი მიდრეკილების მქონე ნაწილაკების შემთხვევაში, როცა აპარატებში ფორმირდება ძნელადშეღწევადი საცობები.

4. ჩატარებული კვლევებისა და არსებული პერიოდული ქმედების საექსტრაქციო დანადგარების ანალიზის საფუძველზე ჩვენს მიერ დამუშავდა ინოვაციური პერიოდული ქმედების საწარმო-ექსპერიმენტული ექსტრაქტორი, რომლის კონსტრუქციაც საშუალებას

იმლევა ექსტრაქციის პროცესის ინტენსიფიკაციის მიზნით ვამუშაოთ როგორც გამხსნელის პულსაციის, ასევე საექსტრაქციო მასის ვიბრაციის პრინციპზე;

5. აპარატის ექსპერიმენტული გამოკვლევებით სხვადასხვა მცენარეული ნედლეულისათვის დადგენილია, რომ ექსტრაქციის პროცესის ინტენსიფიკაციისთვის მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ საექსტრაქციო მასის დაბალი სიხშირის რხევები. სხვადასხვა მცენარეული ნედლეულისათვის რხევების სიხშირის ნულოვან (ძირითად) დონედ მიზანშეწონილია მივიღოთ (3–4) წ-1, ხოლო ვარირების ინტერვალად – 1 წ-1, როცა რხევების ამპლიტუდა 1–3 მმ-ის ფარგლებშია;

6. დამუშავებული საექსტრაქციო დანადგარის მუშაობის ეფექტურობის დასადგენად ექსტრაჰირებას დაექვემდებარა ჩაის ჰაერმშრალი მწვანე ფოთლის ორგანული გამხსნელით (ტრიქლორეთილენი) ექსტრაჰირების შემდეგ დარჩენილი ე.წ. "ჩაის შროტი", რომელიც სამრეწველოდ მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეიცავს კატექინების კომპლექსს. ნაჩვენებია, რომ ექსტრაგენტის პულსაციის ან საექსტრაქციო მასის დაბალ სიხშირეზე ვიბრაციის გამოყენებით, სხვა თანაბარ პირობებში, ექსტრაქციის ხანგრძლივობა მნიშვნელოვნად, 4–5–ჯერ მცირდება ექსტრაქციის ცირკულაციურ მეთოდთან შედარებით.

დისერტაციის ძირითადი დებულებები ასახულია შემდეგ სამეცნიერო ნაშრომებში:

1. ბანცაძე ა. პერიოდული ქმედების ინოვაციური ექსტრაქტორის დაპროექტება მცენარეული ფხვიერი მასალებისათვის//ნოვაცია, ქუთაისი, აწსუ, 2013, №11, გვ. 29-35.

2. ვ.ხვედელიძე, ა.ბანცაძე, გ.გორგოძე,ნ.თომაძე. ნანოდისპერგირების როლი მცენარეული ნედლეულიდან ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების ექსტრაქციის პროცესზე// პერიოდული სამეცნიერო ჟურნალი „ნოვაცია“, 2011, №8. - გვ. 71-76.

3. ვხვედელიძე, გ.გორგოძე, მ.გაჩეჩილაძე, ა.ბანცაძე. ჩაის ლიპიდების საექსტრაქციო ხაზი// ქ. სუბტროპიკული კულტურები, 2010, №1-4. - გვ. 348-351.

4. ზ. ჯაფარიძე, გ. გორგოძე, ა. ბანცაძე. ფხვიერი მასალების ექსტრაქტორი//საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის „სურსათის უვნებლობის პრობლემები" შრომათა კრებული. თბილისი. 2009.–გვ.250–253.

Abstract

The extractors used in modern production are produced on the basis of practical recommendations without consideration of the theoretical basis. Therefore, the task of studying the extraction process is actual as it will enable us to process extraction's apparatus, taking into consideration both hydrodynamic processes and the physical - mechanical properties of the raw material.

Equally important is the issue of intensification of the extraction process with the help of a variety of physical effects applied to the raw materials, such as vibration, pulse, ultrasound, nutritional direction of motion. The use of vibration and pulse extractors leads to a significant intensification of the process, which is determined by many scientific works. The construction and development of new low-priced and high-efficiency Pulse Vibrating extractors remains an important issue.

The aim of the thesis, is the estimation and development of the construction of a new high-efficiency extraction device of periodic behavior. In which the extraction process is intensified low-frequency vibrational oscillations or extragents pulse of the extraction mass.

For the realization of the goal we set for the solution of following scientific issues:

- Review and analysis of the extraction equipment of periodic behaviour and prove their ability of intensifying the extraction process via pulse or vibration;

- calculation structural parameters of the extraction device of periodic behaviour;
- Optimal modes of vibration and pulsation;
- Processing of construction and operational parameters, of the extraction device with periodic vibration and pulsation modes of action;
- Processing and the practical realization of experimental - industrial extraction apparatus.

In devices of active hydrodynamic mode of action the process of extraction on plants porous particles takes place in 3 stages. On the first stage, the capillary forces enable extragents to reach large pores in the pores and removes the extraction components from them. On the Second – convection stage of the diffusion speed the target component in transport pores and removal of the solution from the pores is. On the third-diffusion stage the speed of process is limited by molecular diffusion speed, from the depth of the porous part of the target component onto its surface and by transport pores.

There was created a mathematical model of diffusion – the third stage of vegetable raw materials extraction process. It shows that there is practically no movement of fluid in capillaries and the substance is transported via molecular diffusion, but during certain amplitude of outer pressure pulsation or during extract mass vibration in definite frequency and amplitude in the large pores there can be created oscillating fluid motion, which lead to the intensification of extraction.

The given pulse extraction device work in a nonresonant mode. There were two targets set while processing this device to provide a high frequency of extraction. Firstly – the improvement of internal mass transfer – achieved via fluid pulsation in particle capillaries, secondly – the improvement of the external mass transfer – achieved via the pulse loosening of the particle layer in apparatus. The problem of loosening the particle layer is vital for the large capacity devices, as well as in case of the shallow saturation particles, when the hardly penetrated clogs are formed in the device.

On the basis of provided investigations and the analysis of extraction device of a periodical behaviour we have worked out separate knots and details and created the innovative experimental – industrial extractor of periodical behaviour, whose construction enables us to make it function both on the principles of solvent pulsation and extract mass vibration, which makes the extraction process intensified. Simultaneously, the working surfaces of the extraction device were made of stainless steel, which provided us with the possibility of using it in the process of vegetable raw material extraction using both organic and non-organic solvents.

The experimental study of of the devices for different vegetable raw material provided that for the intensification of the extraction process we should use the low frequency oscillations of the extraction mass. We should take (3-4) sec⁻¹ as a basic-zero level for oscillation frequency, and 1-sec⁻¹ for variation interval, when the amplitude of the oscillations is in the scope of 1-3mm.

To prove the efficiency of the extraction apparatus functioning, there was extracted so called “tea factor”, a remnant after the extraction of air-dry green tea leavves, treated with organic solvent (trichlorethilen), This remnant contains industrially important amount of catechin complex. It is proved that via extragent’s pulsation or the usage of low frequency vibration on extraction mass, in otherwise equal condition the duration of water extraction on extraction mass in shortened 4-5 times, compared with the circulation method of extraction.